

La educación medioambiental que se constituiría así, en una condición necesaria para que el ahorro energético y la eficiencia nos puedan suministrar tasas adicionales de crecimiento económico y de bienestar dando contenido, ahora sí, al concepto de desarrollo sostenible.

La educación medioambiental, no obstante el escepticismo que este concepto proyecta sobre las políticas que ansían resultados en el corto plazo, debiera constituirse en el **primer pilar** en el que apoyar la sostenibilidad del desarrollo. A su disposición debería tener herramientas tales como los precios (las políticas energéticas basadas en precios bajos son un disparate medioambiental) y las políticas normativas. Por su parte, la identificación y estímulo de las fuentes de energía inagotables e inocuas para el medio ambiente (entre ellas las energías renovables), debieran constituirse en el **segundo pilar** de la sostenibilidad. Finalmente, la eficiencia energética, al ahorro energético y la gestión de la demanda energética quedaran relegadas, y no es poco, a ser el **tercer pilar** del equilibrio. Efectivamente, su aportación a un mayor desarrollo económico y social podrá ser muy apreciable si llegara a lograrse (y sólo si así fuera) la contención de la producción/consumo de energías contaminantes como resultado de la influencia de una mayor sensibilidad medioambiental y del desarrollo de las energías no contaminantes.

UNA PROPUESTA PARA CONCLUIR

Ahorro, eficiencia, gestión de la demanda y energías renovables no

constituyen, pues, vectores sumables a la hora de plantearnos el abastecimiento energético sostenible del desarrollo económico. Pero no se debiera interpretar que las reflexiones hechas apuntan a una minusvaloración del ahorro y la eficiencia energética porque sin duda, como acabo de subrayar, deben ser una prioridad de la política energética. Las reflexiones hechas quieren señalar solamente cuál es su ubicación real en el periplo que la humanidad recorrerá hacia la sostenibilidad. Es decir, su relación directa con la productividad y el crecimiento económico y su relación sólo indirecta y subsidiaria con los objetivos de Kyoto.

Los sectores difusos necesitarían, si las reflexiones hechas no estuvieran muy desencaminadas, antes que *políticas difusas*, políticas concretas y precisas como las aplicadas en los sectores contemplados en la directiva europea. Ésta sería una última reflexión a modo de conclusión. ¿Pero dónde encontrar un espacio preciso y concreto para ubicar las responsabilidades? El *Plan de Acción*, antes mencionado, apunta hacia las administraciones públicas. En esa dirección, una asignación de derechos a las diferentes administraciones: central, autonómicas y municipales, tal y como ha sido hecho para las empresas listadas en el PNA, imputaría las responsabilidades de los indeterminados y dispersos sujetos contaminantes (al fin y al cabo, los ciudadanos) a estas administraciones que son o bien responsables directos de una parte de la contaminación difusa (téngase presente, por ejemplo, la iluminación exterior que derrocha inútilmente intensidad lumínica contaminando mas allá de lo necesario *la noche oscura* y arras-

trando inútiles emisiones de GEI) o representantes (los más cercanos) de los ciudadanos en general, responsables del resto de la contaminación: el transporte, la climatización de los hogares, etc. con quienes, entre muchas otras formas de relación, las administraciones públicas se relacionan a través de impuestos, tales como los de **circulación** o los que giran sobre el **valor de los bienes inmuebles**, y respecto de cuyos objetos tributarios existen eficaces (y poco utilizados) instrumentos para mitigar los efectos contaminantes asociados: los **biocombustibles** y la **producción distribuida de energía de origen renovable** (colectores solares térmicos, fotovoltaica, pequeños molinos de viento, etc.), por mencionar sólo los ejemplos que están más a mano y que podrían ser implantados a través de ordenanzas municipales o normas autonómicas.

De esta manera las administraciones públicas, listadas en un específico PNA, teniendo a su disposición instrumentos adecuados (que con toda seguridad podrán ser identificados), quedarían corresponsabilizadas con los objetivos Kyoto nacionales e incorporadas a la participación y gestión de los mecanismos de flexibilidad: el comercio de emisiones y los MDL y, desde luego, de los *sumideros de CO₂* (reforestaciones, por ejemplo) cuestión esta última, por no volar muy lejos con la imaginación, también especialmente idónea para las administraciones locales.

Jorge Fabra Utray

*Economista y Doctor en Derecho
Instituto Pascual Madoz de Urbanismo
y Medio Ambiente
Universidad Carlos III de Madrid*

Ecología: ¿encrucijada de todas las Ciencias?

¿QUÉ ES ECOLOGÍA?

El término *Oecologie* procede de la palabra *oikos* que significa casa

habiendo sido utilizado por primera vez por el zoólogo alemán E. Haeckel en 1869, refiriéndose a las interrelaciones de los organismos con su medio, quién manifestó: "Entendemos por Ecología, el conjunto de conocimientos referentes a la economía de la naturaleza, la investigación

de todas las relaciones del animal tanto en su medio inorgánico como orgánico, incluyendo sobre todo su relación amistosa u hostil con aquellos animales y plantas con los que se relaciona directa o indirectamente".

Así, en un principio, el centro de su interés fue el organismo o el gru-



Figura 1. *Coccinella septempunctata* (mariquita), depredador de pulgones.

po de organismos con algún grado de parentesco (especie o población), pero no tenía en cuenta las relaciones con el entorno, ya que el énfasis estaba en el estudio de la respuesta del organismo en un determinado ambiente. Precisamente este es el motivo por el cual la ciencia ecológica inicialmente era confundida con una rama de la biología, pero afortunadamente desde hace muchos años la Ecología está asentada como una disciplina propia e independiente.

A partir del concepto de "ecosistema" propuesto por A.G. Tansley (1871-1955) y tras ser redefinida como "la ciencia de todas las relaciones, de todos los organismos, con todos sus ambientes" la ecología goza de un sentido más amplio, para así explicar las relaciones entre los organismos y su medio ambiente, pasando a ser una ciencia de síntesis e integración que comienza a escaparse de los ámbitos biológicos para establecer nexos con otras ciencias naturales. E. Odum (1913-2002), al que se considera padre de la Ecología moderna de los ecosistemas, la ha definido, quizás demasiado ampliamente, como "el estudio de la estructura y función de la naturaleza".

Aunque existen múltiples definiciones, se puede definir Ecología como la ciencia que se ocupa de las interrelaciones existentes entre los organismos vivos, vegetales o animales, y su ambiente.

Como se desprende de la definición anterior a la Ecología se le considera como una ciencia natural, ya que su objetivo de estudio es la naturaleza y, por tanto, una ciencia



Figura 2. Charles Darwin.

empírica, ya que sus proposiciones deben ser verificadas en la experiencia. En este punto es necesario tener en cuenta que su objetivo sólo se comprende si se la relaciona con otras ciencias, puesto que los conocimientos elaborados por otras ramas del saber le permiten elaborar, aplicando sus propios métodos, una visión específica de la naturaleza.

PERSPECTIVA HISTÓRICA

La perspectiva histórica de la ecología, a diferencia de la de otras ciencias, resulta más difícil de resumir porque mientras que su trayectoria ha ido dirigida hacia la síntesis de muchas ramas, en la mayoría ocurre al revés, se parte de unos orígenes comunes y al cabo del tiempo es cuando se va produciendo la especialización.

Los primeros indicios de interés surgen ya en Grecia con Aristóteles (384-322 a.C.) en su libro *Historia Animalium*, en el que realizó las primeras aproximaciones a la misma al hacer referencia a que "los animales están en guerra unos con

otros cuando ocupan los mismos lugares y para vivir utilizan los mismos recursos".

Más tarde, en el siglo XVIII, se realizaron estudios dentro del ámbito de lo que podría denominarse "Ecología Vegetal", como los de C. Linneo (1707-1778) quién desarrolló un sistema de nomenclatura binomial (dos nombres: el primero es el del género y el segundo el de la especie) para la clasificación de animales y plantas. Otros botánicos como C.L. Willdenow (1756-1812) realizaron aportaciones al observar que en climas parecidos las vegetaciones presentan similitudes aunque las especies no fuesen las mismas. En otros ámbitos G.L. Buffon (1707-1788) en su libro *Histoire Naturelle* abordó problemas de actualidad, como la regulación de poblaciones, reconociendo que las poblaciones humanas, así como las de animales y plantas, están sujetas a los mismos procesos.

La ecología como tal no nacerá hasta el siglo XIX al entrelazarse estudios realizados en campos tan diversos como la historia natural, la demografía o la fisiología y diversas aplicaciones que se desarrollaron en la agricultura y la ganadería.

Las investigaciones sobre poblaciones como las de T. Malthus (1766-1834) marcarían el desarrollo posterior de la Ecología de Poblaciones. Los cálculos presentados en su obra *Essay on Population* indicaban que aunque una población podía aumentar de forma geométrica, la producción de alimento lo hacía de forma aritmética, de forma que el crecimiento de la población se vería limitado por los recursos alimenticios. Estas ideas fueron utilizadas por Charles Darwin (1809-1882) en sus trabajos sobre la selec-

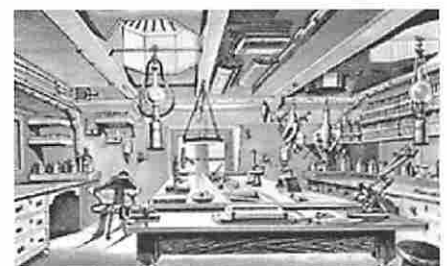
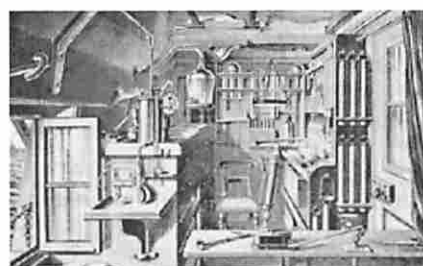


Figura 3. Laboratorios de Química e Historia natural en el Challenger.

ción natural, haciendo una gran aportación con el desarrollo de la teoría de la evolución en su libro *On the Origin of Species* donde resalta la adaptación de los organismos a su medio ambiente mediante la selección natural.

A su desarrollo se sumaron las investigaciones en el campo de la agricultura y la ganadería, donde se hacía necesario el conocimiento de los recursos naturales y las condiciones más favorables para un aumento en la producción. En este campo hay que destacar los trabajos de J. Von Liebig (1802-1873) sobre Química Agrícola y Fisiología, consiguiendo demostrar que existen unos “factores limitantes” encargados de inhibir el desarrollo fisiológico de las plantas cuando falta algún nutriente indispensable.

Esta ciencia también se vio impulsada por las expediciones marítimas como la del Challenger (1872-1876), cuyo barco estaba equipado con laboratorios de Historia natural y Química, siendo de gran importancia al reunir una gran cantidad de información sobre la biodiversidad marina.

En este periodo destacan también los trabajos del zoólogo K. Möbius (1825-1908), quien propuso en 1877 el término de “biocenosis” para denominar a la comunidad biótica en su estudio sobre los bancos de ostras. Sin embargo, no es hasta principios del siglo pasado cuando se consolida como ciencia por derecho propio con la aparición de las primeras sociedades y revistas dedicadas a ella. Además desaparece la división entre Ecología Vegetal y Ecología Animal, hasta entonces existente, para dar paso a una Eco-



Figura 4. Ramón Margalef.

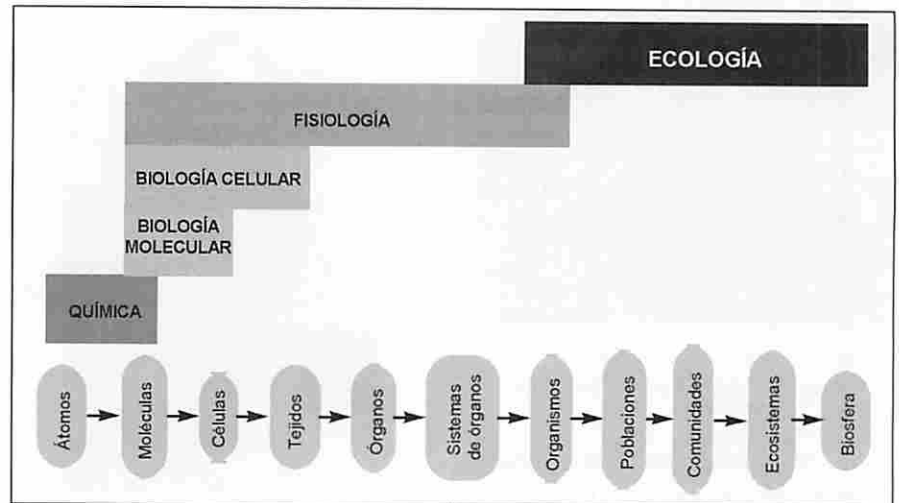


Figura 5. Niveles de organización de la materia.

logía General, en la que se empiezan a considerar los efectos antropogénicos.

En el año 1935, el ecólogo inglés A. G. Tansley, como se ha hecho referencia anteriormente, introduce el término de “ecosistema”, definiéndolo como el conjunto formado por la biocenosis y su entorno abiótico, el biotopo. Este concepto fue posteriormente desarrollado en 1941 por R. Lindeman (1915-1942) cuyos trabajos en Limnología marcaron el inicio de los estudios de los ecosistemas en términos de flujos de energía y ciclos de materia. Estos conceptos fueron consolidados en 1953 por E. Odum en su libro *Fundamentals of Ecology*. En esta época destaca la labor de Ramón Margalef (1919-2004), que ha sido sin duda el ecólogo español de más prestigio, quién supo combinar el estudio de los organismos acuáticos con una visión holística de la biosfera, lo que le permitió realizar una extensa y valiosa aportación a la Ecología General.

Durante las últimas décadas del siglo XX la ecología se ha caracterizado por pasar de forma paulatina de una visión puramente descriptiva de la naturaleza a una visión dinámica de los ecosistemas y, además, el conocimiento sobre la relación especie humana/naturaleza, le permite estudiar la intervención humana en el medio natural con el ánimo de mitigar el impacto negativo que ésta produce.

DESARROLLO DE LA ECOLOGÍA COMO CIENCIA MULTIDISCIPLINAR

Según Margalef: “La mayor parte de las ciencias subdividen progresivamente su área de actividad, en un proceso de especialización, que puede compararse al crecimiento de un árbol que da muchas ramas. A este tipo de desarrollo acompaña una actividad intensamente analítica, que ha conducido a la situación actual de la ciencia y a la inspiración científica en la tecnología. La Ecología se encuentra en una situación diferente, pues su propia naturaleza requiere prestar atención especial a la labor de síntesis y convergencia de conocimientos dispares, muchos de ellos procedentes de las más diversas ciencias. Cualquier intento de síntesis requiere forzosamente un enfoque teórico, que puede resultar sin interés y aun repelente al natu-



Figura 6. Lynn Margulis.

rista. Sin embargo, las consideraciones teóricas tienen el mérito de sugerir nuevas investigaciones muy concretas y, por otra parte, nos hacen ver que los problemas más importantes de la Ecología rozan muy de cerca los grandes temas de la Ciencia”.

Las unidades de estudio de la ecología se pueden establecer partiendo del análisis de los distintos niveles de organización de la materia. Aunque cada nivel está formado por los componentes del nivel anterior, aparecen propiedades nuevas que son muy diferentes, llamadas propiedades emergentes.

El primer nivel de organización son las partículas subatómicas (protones, neutrones, electrones,...) que forman los átomos. La organización de las partículas subatómicas en átomos representa otro nivel y a su vez cuando los átomos forman moléculas pasan a un nuevo nivel, y así sucesivamente hasta alcanzar el nivel de la biosfera. Cabe aquí recordar que según la Hipótesis o Teoría de Gaia propuesta por J. Lovelock y apoyada por L. Margulis en 1969, la biosfera, junto con la atmósfera, los océanos y los suelos sería una entidad compleja como un ser vivo capaz de autorregularse a fin de mantener sobre su superficie las condiciones más propicias para la vida.

Para progresar adecuadamente en el estudio de la ecología resulta más sencillo partir del organismo, y continuar por la población, la comunidad y el ecosistema, para finalizar en la biosfera. Para comprender la compleja trama de relaciones que existen en la biosfera se requiere un trabajo interdisciplinario para lograr un enfoque acertado y se han de extraer los conocimientos de numerosas disciplinas.

Debido a los diversos enfoques requeridos para su estudio necesita el apoyo y los conocimientos de múltiples disciplinas englobadas en las Ciencias Experimentales, Ciencias de la Tierra y Ciencias de la Salud, y también extrae los conocimientos de las Ciencias Sociales, ya que podemos considerar que el im-

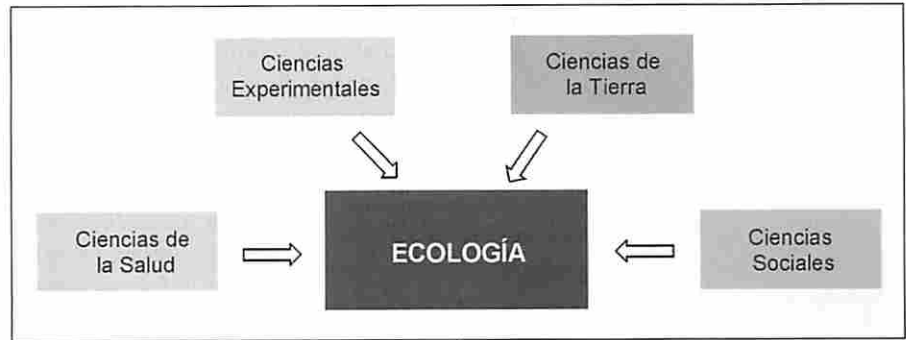


Figura 7. Disciplinas relacionadas con la Ecología.

pacto ecológico de la especie humana en la biosfera es tal que prácticamente no queda sistema natural que no sufra las acciones de las sociedades.

Se puede enumerar algunos ejemplos de esta dependencia:

- Las matemáticas y la informática ayudan construyendo modelos científicos que permiten predecir lo que ocurrirá en el futuro con las interacciones que se puedan presentar en la naturaleza.
- La climatología y la meteorología son disciplinas significativas que permiten conocer cómo los cambios regionales o globales del clima aumentan o reducen las probabilidades de supervivencia de los individuos, las poblaciones y las comunidades.
- La química junto con la física aportan los conocimientos de termodinámica necesarios para entender los flujos de energía y de materia de gran importancia para el desarrollo del funcionamiento de los ecosistemas
- La geología y la geografía ayudan a conocer la estructura de los biomas o la distribución específica de los seres vivos sobre la Tierra.

Se podría seguir enumerando otras muchas disciplinas ya que la ecología tiene tantas raíces que probablemente siempre permanecerá como una ciencia polifacética, y los beneficios obtenidos de las diferentes áreas seguirán enriqueciéndola progresivamente.

Es evidente que cuando una disciplina ha tomado entidad propia comienza a clasificarse y a su vez

tiende a ramificarse. La ecología comprende tres grandes categorías: la Ecología Terrestre; la Ecología Dulceacuícola o Limnología y la Ecología Marina u Oceanografía. En todas ellas se estudian fundamentalmente los factores físicos, químicos, biológicos y geológicos.

Desde otra perspectiva y según las relaciones que se establecen entre los individuos, las comunidades y las poblaciones con su medio, la ecología se divide en Autoecología o ecología de los individuos, Sinecología o ecología de las comunidades o ecosistemas y Demoeología o ecología de las poblaciones.

Las ramas o disciplinas inherentes a la ciencia ecológica son muy diversas y especializadas; entre ellas se pueden citar a modo de ejemplo: la Ecología Evolutiva, la Ecología Aplicada, la Ecología Matemática, la Ecofisiología, la Ecología del Suelo, la Ecología Química, la Ecología Humana o la Ecotoxicología.

ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

El modelo de desarrollo humano ha estado siempre basado en la explotación de los recursos naturales, pero desde la revolución industrial dicha explotación ha ido sobrepasando los límites de un desarrollo sostenible poniendo incluso en riesgo la propia viabilidad de muchas actividades humanas.

Nuestro creciente interés por el ambiente en el que vivimos se debe



Figura 8. Rachel Carson.

fundamentalmente a la toma de conciencia sobre los problemas que afectan a nuestro Planeta y que exigen una pronta solución: la alteración y destrucción de hábitats, la sobreexplotación de recursos naturales, el progresivo deterioro de los ecosistemas naturales, la desaparición de especies, la creciente generación de residuos, el aumento de la producción y consumo de combustibles fósiles, la escasez y mala calidad de los recursos hídricos en muchas zonas del Planeta, entre otros, forman parte de los grandes problemas ambientales a escala global.

En 1962 Rachel Carson denunció esta situación en su libro *Silent Spring*, en el cual presenta el escenario de un futuro sin el canto de las aves y otras consecuencias peores, si la contaminación ambiental con DDT y otros pesticidas continúa. A la voz de Carson se unieron otras, muchas de las cuales formaron organizaciones, con el fin de exigir un ambiente limpio. Este fue el comienzo del movimiento ambientalista, el cual demandó parar la contaminación, limpiar ambientes contaminados y la protección de áreas todavía prístinas. Este movimiento comenzó y se mantiene aún por la iniciativa ciudadana, teniendo como objetivo fundamental la reducción de la contaminación y la protección de la vida silvestre.

En 1970 se celebró el primer "Día de la Tierra", considerada como un acto del "activismo ecoló-

gico" cuyo objetivo es lograr el respeto al medio ambiente.

A partir de entonces la ecología alcanza una enorme trascendencia al haberse convertido en bandera de multitud de movimientos que pretenden conservar la naturaleza, surgiendo toda una ideología ecologista caracterizada por la formación de partidos verdes, con representación parlamentaria, y la consolidación de un movimiento ecofeminista, que ha experimentado su reconocimiento mundial con la concesión del Premio Nobel de la Paz, en el año 2004, a Wangari Maathai bióloga keniana responsable de la creación de los denominados "cinturones verdes" gracias a la participación de numerosas mujeres africanas.

Si bien, los ecologistas han ganado muchas batallas locales, existen aún cuatro tendencias globales sin resolver:

- El incremento de la población y de consumo.
- La degradación de los suelos.
- Los cambios atmosféricos.
- La pérdida de la biodiversidad.

Así pues, ciencias ajenas a la naturaleza, que implican estudios de tipo político, social o económico, tienen que hacer frente a problemas ambientales y a los cambios producido por la actividad humana. Es la razón por la que la ecología asume su otra cara, la social, la "ecologista". Esta realidad está plasmada en los acuerdos internacionales para tratar de resolver los problemas "ecológicos", siendo su máximo exponente el Protocolo de Kioto suscrito en 1997, para paliar el efecto devastador del cambio climático producido por la emisión masiva de gases de efecto invernadero como el CO₂.

En cualquier caso, no hay que confundir ecología y ecologismo. Este último es en realidad una postura con implicaciones políticas y sociales, y del ecologismo han surgido desde partidos políticos a asociaciones estrictamente defensoras de la naturaleza, pero un ecólogo puede ser ecologista, pero un eco-



Figura 9. Wangari Maathai.

logista sólo podrá ser ecólogo si utiliza un método científico.

Paradójicamente, puede que nuestra propia subsistencia dependa de la correcta aplicación de esta ciencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Begon, M., Harper, J.L. y Townsend, C.R.: *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Ed. Omega (1999).
2. Escolástico, C., Cabildo, P., Claramunt, R.M.^a y Claramunt, T.: *Ecología*. Ed. UNED (2005).
3. Krebs, C.J.: *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Ed. Benjamin Cummings (2001).
4. Margalef, R.: *Ecología*. Ed. Omega (1998).
5. Margalef, R.: *Ecología*. Ed. Planeta (1992).
6. Molles, M.C.: *Ecology: concepts and applications*. Ed. McGraw-Hill (2005).
7. Nebel, B.J. y Wright, R.T.: *Ecología y desarrollo sostenible*. Ed. Prentice-Hall (1999).
8. Odum, E.P.: *Ecología*. Ed. Interamericana (1992).
9. Smith, R.L. y Smith, T.M.: *Ecología*. Ed. Addison Wesley (2000).
10. Townsend, C.R., Begon, M. & Harper, J.L.: *Essentials of Ecology*. Ed. Blackwell (2003).

Consuelo Escolástico León y
Pilar Cabildo Miranda
Dpto. de Química Orgánica
y Bio-Orgánica